

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

(11) Publication number:

(11) Numéro de publication:

0 853 867

Internationale Anmeldung veröffentlicht durch die  
Weltorganisation für geistiges Eigentum unter der Nummer:

**WO 97/14279** (art.158 des EPÜ).

International application published by the World  
Intellectual Property Organisation under number:

**WO 97/14279** (art.158 of the EPC).

Demande internationale publiée par l'Organisation  
Mondiale de la Propriété sous le numéro:

**WO 97/14279** (art.158 de la CBE).

PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE  
Bureau international



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

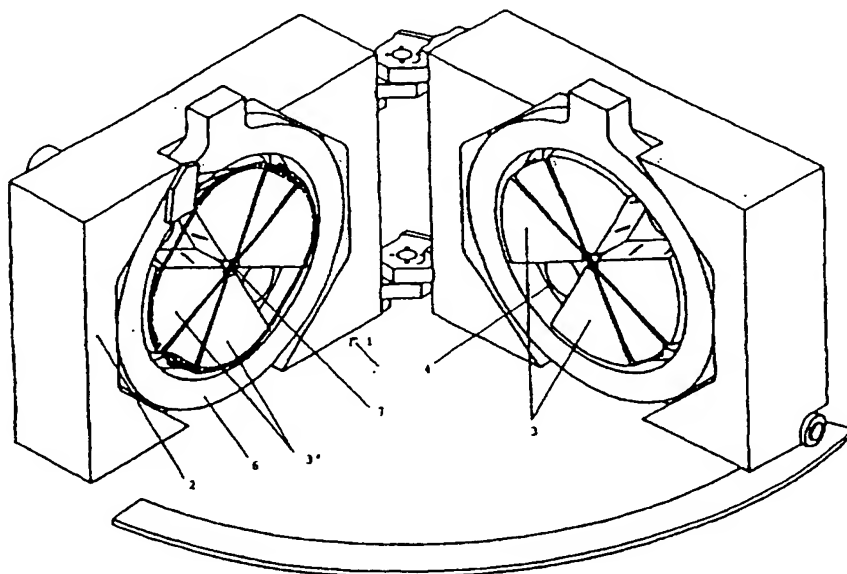
(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>H05H 7/10, 13/00</b>	A1	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 97/14279</b>
		(43) Date de publication internationale: 17 avril 1997 (17.04.97)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/BE96/00101</p> <p>(22) Date de dépôt international: 25 septembre 1996 (25.09.96)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 9500832 6 octobre 1995 (06.10.95) BE</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): ION BEAM APPLICATIONS S.A. [BE/BE]; Rue J.E. Lenoir 6, B-1348 Louvain-la-Neuve (BE).</p> <p>(72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): JONGEN, Yves [BE/BE]; Avenue des Citeaux 16, B-1348 Louvain-la-Neuve (BE).</p> <p>(74) Mandataires: VAN MALDEREN, Joëlle etc.; Office Van Malderen, Place Reine Fabiola 6/1, B-1083 Bruxelles (BE).</p>		<p>(81) Etats désignés: CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Publiée Avec rapport de recherche internationale.</p>

(54) Title: METHOD FOR SWEEPING CHARGED PARTICLES OUT OF AN ISOCHRONOUS CYCLOTRON, AND DEVICE THEREFOR

(54) Titre: METHODE D'EXTRACTION DE PARTICULES CHARGÉES HORS D'UN CYCLOTRON ISOCHROME ET DISPOSITIF APPLIQUANT CETTE METHODE

(57) Abstract

A method for sweeping a charged particle beam out of an isochronous cyclotron (1) comprising a solenoid forming a magnetic circuit that includes at least a number of sectors (3, 3') known as 'ridges' where the air-gap is reduced, and separated by sector-shaped spaces (4) known as 'valleys' where the air-gap is larger. According to the sweeping method, the particle beam is swept without using a sweeping device as the magnetic field has a special arrangement produced by designing the solenoid air-gap at the ridges (3, 3') of the isochronous cyclotron in such a way that the aspect ratio between the solenoid air-gap at the ridges in the region of the maximum radius, and the radius gain per turn of the particles accelerated by the cyclotron at said radius is less than 20.



(57) Abrégé

Méthode d'extraction d'un faisceau de particules chargées hors d'un cyclotron isochrone (1) comportant un électro-aimant constituant le circuit magnétique qui inclut au moins un certain nombre de secteurs (3, 3') appelés "collines" où l'entrefer est réduit, séparés par des espaces en forme de secteurs (4) appelés "vallées" où l'entrefer est de dimension plus grande, la méthode d'extraction étant caractérisée par le fait que le faisceau de particules est extrait sans recours à un dispositif d'extraction par une disposition particulière du champ magnétique obtenue en dessinant l'entrefer de l'aimant aux collines (3, 3') du cyclotron isochrone de telle sorte que le rapport dimension de l'entrefer de l'aimant aux collines au voisinage du rayon maximum sur le gain en rayon par tour des particules accélérées par le cyclotron à ce rayon soit inférieur à 20.

# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Arménie	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
AT	Australie	GE	Géorgie	MX	Mexique
AU	Australie	GN	Guinée	NE	Niger
BB	Barbade	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BE	Belgique	HU	Hongrie	NO	Norvège
BF	Burkina Faso	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BG	Bulgarie	IT	Italie	PL	Pologne
BJ	Bénin	JP	Japon	PT	Portugal
BR	Brésil	KE	Kenya	RO	Roumanie
BY	Bélarus	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CA	Canada	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CF	République centrafricaine	KR	République de Corée	SE	Suède
CG	Congo	KZ	Kazakhstan	SG	Singapour
CH	Suisse	LI	Liechtenstein	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LR	Libéria	SN	Sénégal
CN	Chine	LT	Lituanie	SZ	Swaziland
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CZ	République tchèque	LV	Lettonie	TG	Togo
DE	Allemagne	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DK	Danemark	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
EE	Estonie	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	UG	Ouganda
FI	Finlande	MN	Mongolie	US	Etats-Unis d'Amérique
FR	France	MR	Mauritanie	UZ	Ouzbékistan
GA	Gabon			VN	Viet Nam

5

10        METHODE D'EXTRACTION DE PARTICULES CHARGEES HORS D'UN  
          CYCLOTRON ISOCHRONE ET DISPOSITIF APPLIQUANT CETTE  
          METHODE.

15        Objet de l'invention.

          La présente invention se rapporte à une méthode d'extraction de particules chargées hors d'un cyclotron isochrone dans lequel le faisceau de particules est focalisé par secteurs.

20        La présente invention se rapporte également audit cyclotron isochrone appliquant cette méthode d'extraction de particules chargées.

          La présente invention se rapporte aussi bien aux cyclotrons isochrones compacts qu'aux cyclotrons focalisés par secteurs. De même, la présente invention se rapporte aux  
25        cyclotrons isochrones dits supraconducteurs ou non supraconducteurs.

Etat de la technique.

          Les cyclotrons sont des accélérateurs de particules  
30        utilisés en particulier pour la production d'isotopes radioactifs. Ces cyclotrons se composent habituellement de deux ensembles principaux distincts, constitués d'une part par l'électro-aimant et d'autre part par le résonateur haute fréquence.

35        L'électro-aimant assure le guidage des particules chargées sur une trajectoire présentant approximativement une

spirale de rayon croissant autour de l'accélération. Dans les cyclotrons modernes de type isochrone, les pôles d'électro-aimants sont divisés en secteurs présentant alternativement un entrefer réduit et un entrefer plus grand. La variation  
5 azimuthale du champ magnétique qui en résulte a pour effet d'assurer la focalisation verticale et horizontale du faisceau au cours de l'accélération.

Parmi les cyclotrons isochrones, il convient de distinguer les cyclotrons de type compact, qui sont  
10 énergétisés par au moins une bobine circulaire principale, et les cyclotrons dits à secteurs séparés, où la structure magnétique est divisée en unités séparées entièrement autonomes.

Le second ensemble est constitué par les électrodes  
15 accélératrices, appelées fréquemment "dées" pour des raisons historiques. On applique ainsi aux électrodes une tension alternative de plusieurs dizaines de kilovolts à la fréquence de rotation des particules dans l'aimant, ou alternativement à une fréquence qui est un multiple exacte de la fréquence  
20 de rotation des particules dans l'aimant. Ceci a pour effet d'accélérer les particules du faisceau tournant dans le cyclotron.

Pour de nombreuses applications utilisant un cyclotron, il est nécessaire d'extraire le faisceau de  
25 particules accélérées hors du cyclotron, et de le guider jusqu'à une cible où on souhaite l'utiliser. Cette opération d'extraction du faisceau est considérée par l'homme de l'art comme l'étape la plus difficile dans la production d'un faisceau de particules accélérées au moyen d'un cyclotron.  
30 Cette opération consiste à amener le faisceau de la partie du champ magnétique où il est accéléré jusqu'à l'endroit où le champ magnétique ne parvient plus à retenir le faisceau. Dans ce cas, le faisceau est libre d'échapper à l'action du champ et est extrait hors du cyclotron.

35 Dans le cas de cyclotrons accélérant des particules

chargées positivement, on connaît l'utilisation d'un déflecteur électrostatique dont le rôle est de tirer les particules hors du champ magnétique comme dispositif d'extraction. Pour obtenir un tel effet, il est nécessaire d'interposer sur le chemin des particules une électrode appelée le septum, qui interceptera une partie de ces particules. De ce fait, le rendement d'extraction est relativement limité, et la perte en particules dans le septum contribuera notamment à rendre le cyclotron fortement radioactif.

Il est également connu d'extraire des particules chargées négativement en effectuant une conversion des ions négatifs en ions positifs en faisant passer ceux-ci à travers une feuille qui a pour fonction de dépouiller les ions négatifs de leurs électrons. Cette technique permet des rendements d'extraction proches de 100% et permet également l'utilisation d'un dispositif nettement moins complexe que celui décrit précédemment. Néanmoins, l'accélération des particules négatives présente quant à elle des difficultés importantes. Le principal inconvénient réside dans le fait que les ions négatifs sont fragiles, et sont de ce fait facilement dissociés par des molécules de gaz résiduelles ou par des champs magnétiques excessifs traversés à haute énergie et présents dans le cyclotron. La transmission du faisceau dans l'accélérateur est donc limitée, ce qui contribue aussi à l'activation de ce dernier.

A l'opposé, les cyclotrons accélérant des particules positives permettent de produire de plus hautes intensités de courant de faisceaux, et augmentent la fiabilité du système, et tout en permettant une forte réduction de la taille et du poids de la machine.

Il est également connu par le document "The review of Scientist Instruments, 27 (1956), n° 7" et par le document "Nuclear Instruments and Methods 18, 19 (1962), pp. 41-45" de J. Reginald Richardson, une technique selon laquelle le faisceau de particules aurait pu être extrait du cyclotron

sans l'utilisation d'un dispositif d'extraction. Les conditions requises pour obtenir cette auto-extraction sont des conditions particulières de résonnance du mouvement des particules dans le champ magnétique.

5 Néanmoins, cette méthode décrite est particulièrement difficile à réaliser, et aurait donné un faisceau dont les qualités optiques étaient tellement mauvaises qu'en pratique, elle n'a jamais été appliquée.

10 Le document US-A-0324379 se rapporte à un dispositif du type cyclotron destiné à accélérer des particules qui possède des moyens magnétiques étant essentiellement indépendants de l'angle azimutal. Ceci signifie qu'il s'agit d'un cyclotron non isochrone. En outre, il convient de noter que le cyclotron décrit possède des  
15 moyens d'extraction du faisceau qui sont constitués par des "régénérateurs" et des "compresseurs", qui permettent, en perturbant le champ magnétique, d'obtenir une extraction du faisceau de particules.

20 Le document WO-93/10651 au nom de la Demanderesse décrit un cyclotron isochrone compact présentant un entrefer localisé entre deux collines de forme essentiellement elliptique et tendant à se refermer complètement à l'extrémité radiale des collines sur le plan médian. Le dispositif décrit dans ce document comprend également des  
25 moyens classiques d'extraction du faisceau qui sont un déflecteur électrostatique dans le présent cas.

#### Buts de la présente invention.

La présente invention vise à proposer une méthode d'extraction de particules chargées hors d'un cyclotron  
30 isochrone en évitant l'utilisation de dispositifs d'extraction tels que décrits précédemment.

Un but complémentaire de la présente invention vise de ce fait à proposer un cyclotron isochrone qui soit de conception plus simple et plus économique que ceux  
35 habituellement utilisés.

La présente invention vise également à augmenter

le rendement d'extraction du faisceau de particules, et en particulier dans le cas d'extraction de particules positives.

Principaux éléments caractéristiques de la présente invention.

5 La présente invention se rapporte à une méthode d'extraction de particules chargées hors d'un cyclotron isochrone comportant un électro-aimant constituant le circuit magnétique qui inclut un certain nombre de paires de secteurs appelées "collines" où l'entrefer est réduit, séparées par  
10 des espaces en forme de secteurs appelés "vallées" où l'entrefer est de dimension plus grande; cette méthode étant caractérisée par le fait que l'on réalise un cyclotron isochrone avec un entrefer d'aimant entre les collines dont les dimensions sont choisies de sorte que la valeur minimale  
15 de cet entrefer au voisinage du rayon maximal entre les collines soit inférieure à vingt fois le gain en rayon par tour des particules accélérées par le cyclotron à ce rayon.

Selon cette configuration particulière, on observera que les ions peuvent être extraits de l'influence  
20 du champ magnétique sans l'aide d'aucun dispositif d'extraction.

Il convient de noter que pour des cyclotrons isochrones de l'état de l'art, l'entrefer de l'aimant est en général compris entre 5 et 20 cm, alors que le gain en rayon  
25 par tour est d'environ 1 mm. Dans ce cas, le rapport de l'entrefer au gain en rayon par tour est supérieur à 50.

On observe qu'en appliquant la caractéristique principale de la présente invention, le champ magnétique diminue de façon très brutale au voisinage de la limite du  
30 pôle de l'aimant, de telle sorte que le point d'auto-extraction est atteint avant que le déphasage des particules par rapport à la tension accélératrice n'atteigne 90 degrés. De cette manière, les particules sortent automatiquement du champ magnétique sans intervention d'aucun dispositif  
35 d'extraction.

Selon une forme d'exécution particulièrement



préférée de la présente invention, on peut envisager de dessiner un entrefer présentant un profil elliptique qui a tendance à se refermer à l'extrémité radiale des collines, tel que décrit dans le brevet WO93/10651.

5 Selon une forme d'exécution préférée de la présente invention, l'extraction des particules est concentrée sur un secteur grâce à une dissymétrie apportée délibérément à la forme ou au champ magnétique dudit secteur.

10 Selon une autre forme d'exécution préférée de la présente invention, on réduit l'angle de l'un des secteurs au niveau du rayon polaire pour permettre de déplacer les orbites et d'obtenir ainsi l'extraction de tout le faisceau de ce côté, de manière, par exemple, à pouvoir irradier une cible de large volume.

15 Selon une autre forme d'exécution préférée de la présente invention, on réalise une distribution particulière du faisceau de particules de manière à irradier simultanément plusieurs cibles montées côte à côte sur la trajectoire du faisceau.

20 La présente invention permet avantageusement d'être utilisée pour la protonthérapie ou la production de radio-isotopes, et plus particulièrement de radio-isotopes destinés à la tomographie par émission de positrons (TEP).

#### Brève description des figures.

25 Les figures 1 et 2 représentent les profils magnétiques d'un cyclotron isochrone selon l'état de la technique et d'un cyclotron isochrone utilisant la méthode d'extraction selon la présente invention.

30 La figure 3 représente de manière schématique une vue éclatée des principaux éléments constituant un cyclotron isochrone.

La figure 4 représente une vue en coupe d'un cyclotron isochrone.

35

#### Description d'une forme d'exécution préférée de l'invention.

Le profil du champ magnétique dans un cyclotron isochrone est tel que la fréquence de rotation des particules doit être constante et indépendante de leur énergie. Pour compenser l'augmentation de masse relativiste des particules, le champ magnétique doit donc augmenter avec le rayon pour assurer cette condition d'isochronisme. Pour décrire cette relation, on définit l'indice de champ par la relation suivante :

$$n = \frac{dB}{B} \cdot \frac{R}{dR}$$

dans laquelle  $dB/B$  et  $dR/R$  sont respectivement les variations relatives du champ magnétique et du rayon au rayon  $R$ .

Il convient de noter qu'il est impossible de maintenir la condition d'isochronisme au voisinage du rayon maximal du pôle. En effet, à ce moment, le champ cesse d'augmenter avec le rayon. Il a atteint un maximum et commence ensuite à décroître de plus en plus rapidement.

La figure 1 illustre la variation du champ en fonction du rayon dans un cyclotron isochrone classique. Un déphasage croissant s'installe entre la fréquence de rotation des particules et la fréquence de résonance des électrodes accélératrices. Lorsque ce déphasage atteint 90 degrés, les particules cessent d'être accélérées et elles ne peuvent dépasser ce rayon.

La figure 2 illustre la variation du champ en fonction du rayon dans un cyclotron isochrone utilisant la méthode d'extraction selon la présente invention. En choisissant de manière précise les dimensions de l'entrefer de l'aimant entre les collines, de telle sorte qu'il soit réduit à une valeur de moins de vingt fois le gain en rayon par tour, on observe un profil du champ magnétique tel que représenté à la figure 2.

Dans ce cas, le champ magnétique diminue de façon très brutale au voisinage de la limite du pôle de l'aimant.

de telle manière que le point d'auto-extraction défini par l'indice de champ  $n = -1$  est atteint avant que le déphasage des particules par rapport à la tension accélératrice n'atteigne 90 degrés.

5           A partir de ce moment, les particules sortent automatiquement du champ magnétique sans intervention d'aucun dispositif extracteur.

10           Un cyclotron isochrone tel qu'il est utilisé dans la méthode d'extraction de particules chargées selon la présente invention est représenté schématiquement aux figures 3 et 4. Ce cyclotron est un cyclotron isochrone compact destiné à l'accélération de particules positives, et plus particulièrement des protons.

15           La structure magnétique 1 du cyclotron se compose d'un certain nombre d'éléments 2, 3, 4 et 5 réalisés en un matériau ferro-magnétique et de bobines 6 réalisées de préférence en un matériau conducteur ou supra-conducteur. La structure ferro-magnétique comporte de manière classique :

- deux plaques de base appelées culasses 2 et 2',
- 20   - au moins trois secteurs 3 supérieurs appelés collines et un même nombre de secteurs inférieurs 3' situés symétriquement par rapport à un plan de symétrie 10 dit plan médian aux secteurs supérieurs 3, et qui sont séparés par un faible entrefer 8,
- 25   - entre deux collines consécutives, il existe un espace où l'entrefer est de dimension plus élevée et est qui appelé vallée 4,
- au moins un retour de flux 5 réunissant de façon rigide la culasse inférieure 2 à la culasse supérieure 2',

30           Les bobines 6 sont de forme essentiellement circulaire, et sont localisées dans l'espace annulaire laissé entre les secteurs 3 ou 3' et les retours de flux 5.

35           Le conduit central est destiné à recevoir au moins une partie de la source de particules 7 à accélérer. Ces particules sont injectées au centre de l'appareil par des moyens connus en soi.

Pour un cyclotron isochrone accélérant un faisceau de protons jusqu'à une énergie de 11 MeV, l'aimant est dessiné, selon la présente invention, avec un entrefer de 10 mm pour un champ magnétique de 2 teslas sur les secteurs magnétiques 3 et 3'. La tension accélératrice est de 80 kilovolts de manière à obtenir un gain en rayon de 1,5 mm au rayon maximal.

Ce choix inusuel des paramètres permet qu'à l'extrémité radiale des collines, on observe une décroissante extrêmement rapide de l'induction extérieure qui permet d'auto-extraire le faisceau de particules avant la limite d'accélération, ce qui est plus particulièrement représenté à la figure 2.

Selon une première forme d'exécution préférée, on réduit l'angle d'un des secteurs au niveau du rayon polaire de manière à permettre de déplacer les orbites et d'obtenir l'extraction de tout le faisceau de ce côté (voir figure 4).

Le faisceau de particules extrait est alors axialement focalisé et radialement défocalisé.

Selon une autre forme d'exécution préférée, on utilise ce profil de faisceau pour l'irradiation simultanée de quatre cibles localisées entre les deux bobines 6 montées côte à côte sur la trajectoire du faisceau.

REVENDICATIONS.

1. Méthode d'extraction d'un faisceau de particules chargées hors d'un cyclotron isochrone (1) comportant un électro-aimant constituant le circuit magnétique qui inclut  
5 au moins un certain nombre de secteurs (3, 3') appelés "collines" où l'entrefer est réduit, séparés par des espaces en forme de secteurs (4) appelés "vallées" où l'entrefer est de dimension plus grande, la méthode d'extraction étant caractérisée par le fait que le faisceau de particules est  
10 extrait sans recours à un dispositif d'extraction par une disposition particulière du champ magnétique obtenue en dessinant l'entrefer de l'aimant aux collines (3, 3') du cyclotron isochrone de telle sorte que le rapport dimension de l'entrefer de l'aimant aux collines au voisinage du rayon  
15 maximum sur le gain en rayon par tour des particules accélérées par le cyclotron à ce rayon soit inférieur à 20.

2. Cyclotron isochrone dans lequel le faisceau de particules est focalisé par secteurs et qui comporte un électro-aimant constituant le circuit magnétique qui inclut  
20 au moins un certain nombre de secteurs (3, 3') appelés "collines" où l'entrefer est réduit, séparés par des espaces en forme de secteurs (4) appelés "vallées" où l'entrefer est de dimension plus grande, caractérisé en ce que l'entrefer de l'aimant aux collines (3, 3') est dessiné de telle sorte  
25 que le rapport dimension de l'entrefer de l'aimant aux collines au voisinage du rayon maximum sur le gain en rayon par tour des particules accélérées par le cyclotron à ce rayon soit inférieur à 20.

3. Cyclotron isochrone selon la revendication 2, caractérisé en ce que le profil de l'entrefer de l'aimant aux  
30 collines est un profil elliptique ayant tendance à se refermer à l'extrémité radiale des collines.

4. Cyclotron selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce qu'au moins un secteur présente une forme  
35 ou un champ magnétique dissymétrique par rapport aux autres secteurs.

5. Cyclotron selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'on réduit l'angle d'un des secteurs au niveau du rayon polaire.

5 6. Cyclotron selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'on réalise une distribution particulière du faisceau de particules de manière à irradier simultanément plusieurs cibles montées côte à côte sur la trajectoire du faisceau.

10 7. Utilisation de la méthode d'extraction des particules selon la revendication 1 ou du dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 6 pour la protonthérapie ou pour la production de radio-isotopes, et en particulier pour la production de radio-isotopes destinés à la tomographie par émission de positrons.

15

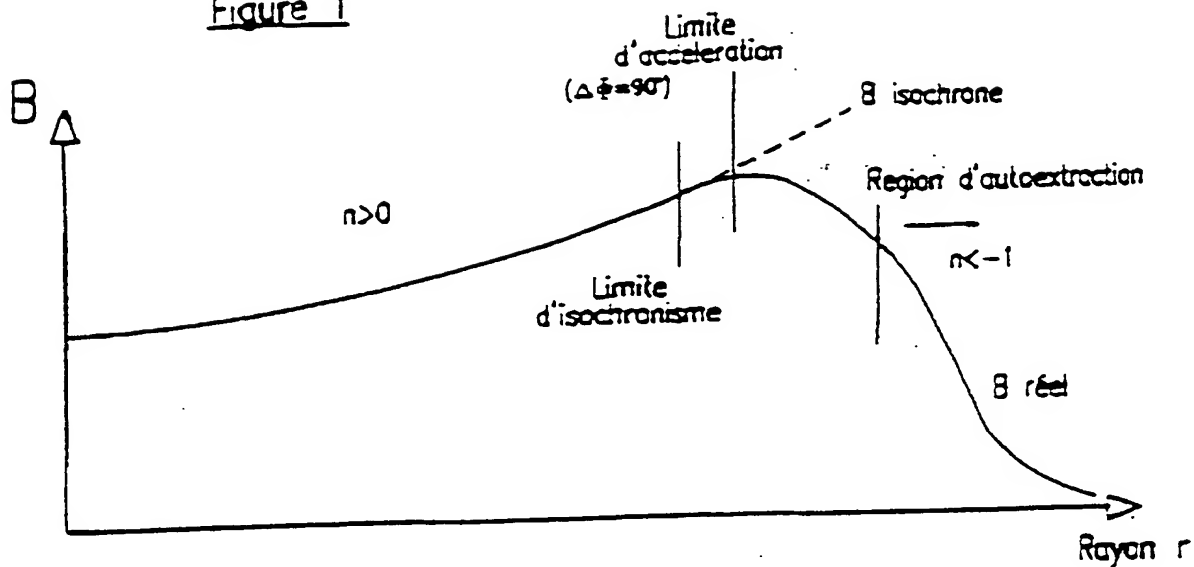
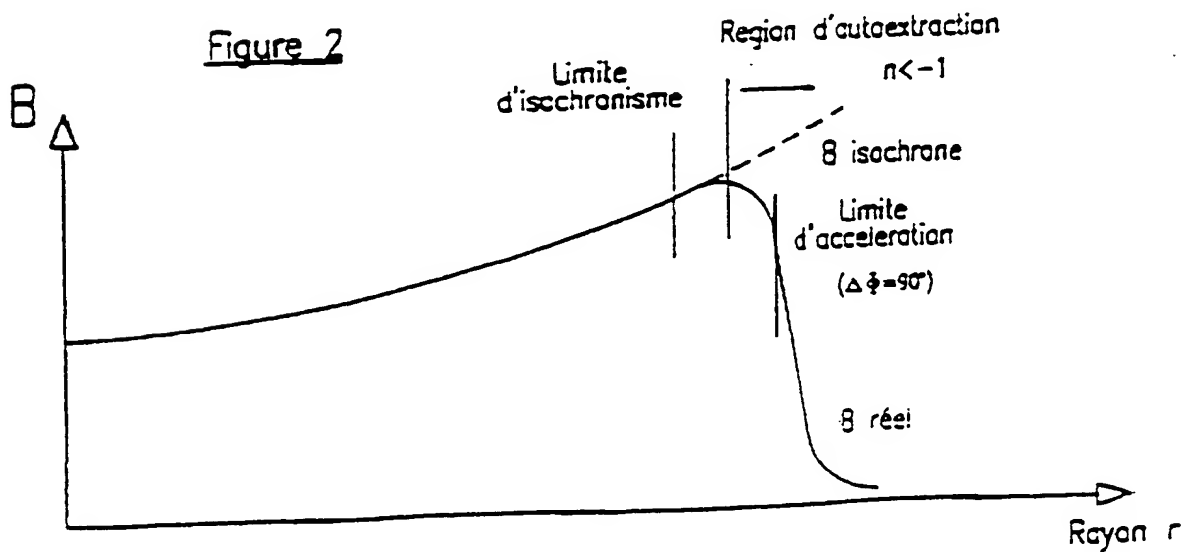
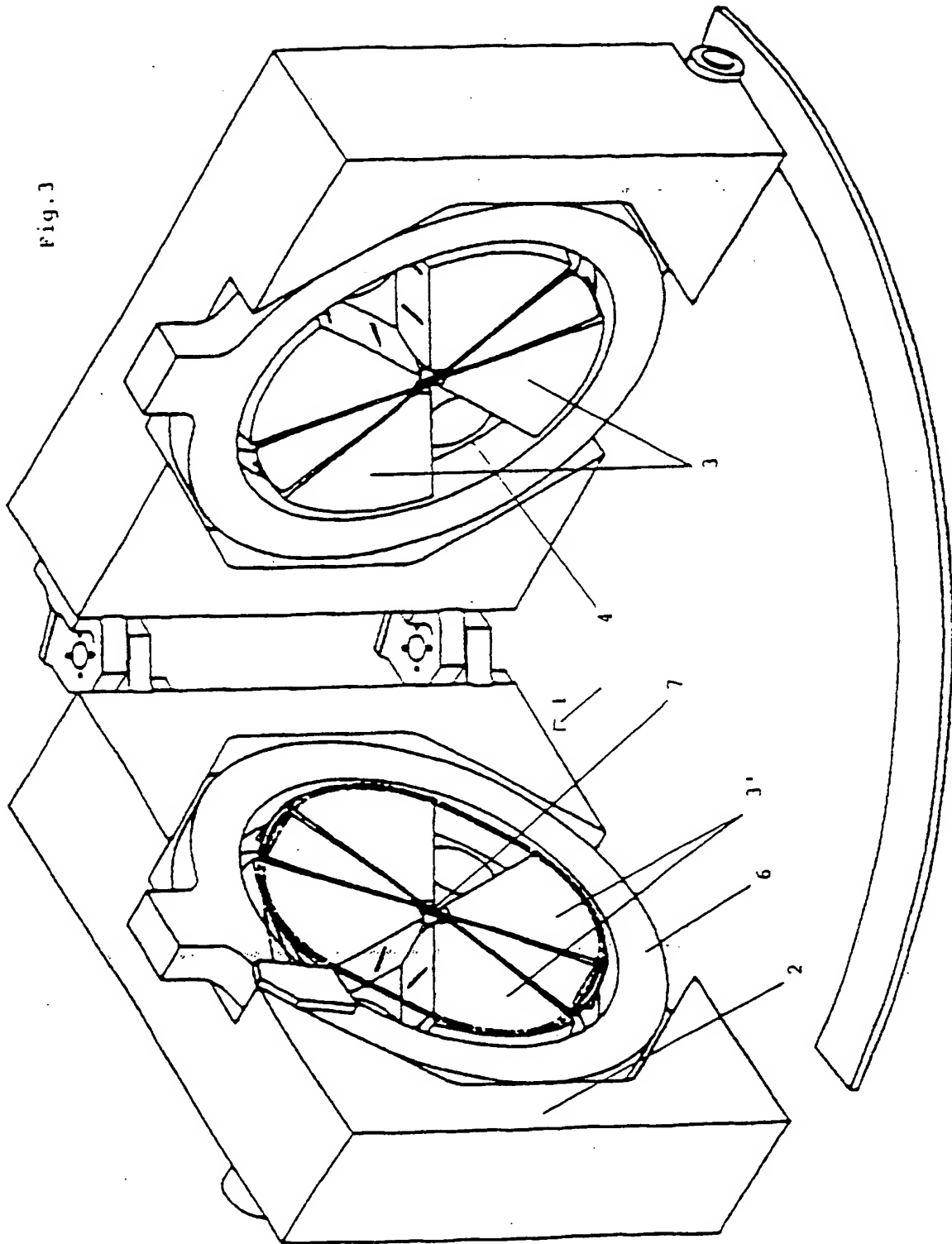
Figure 1Figure 2

Fig. 3





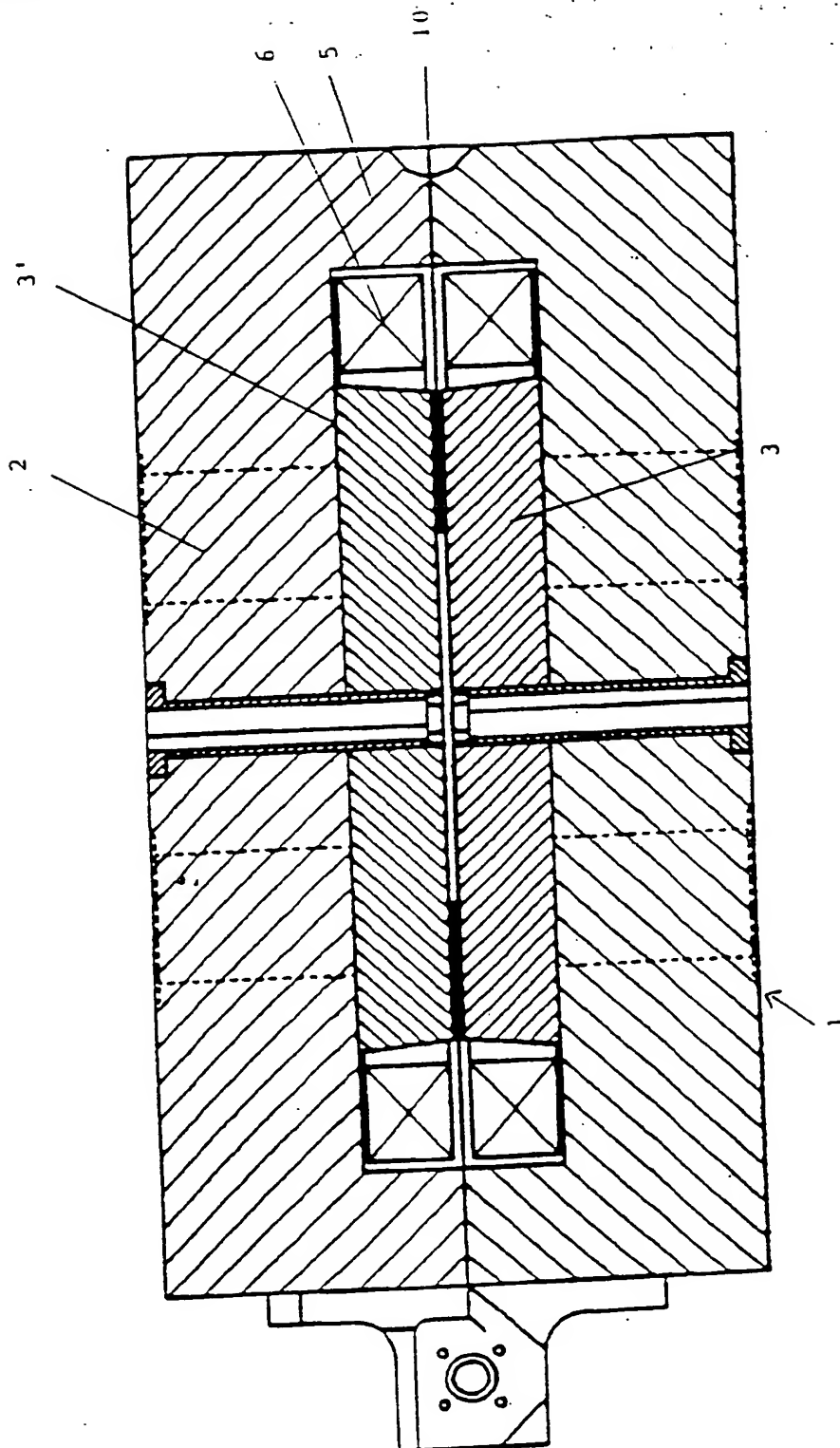


Fig. 4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PC 1/BE 96/00101

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H05H7/10 H05H13/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H05H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO,A,93 10651 (ION BEAM APPLIC SA) 27 May 1993 cited in the application see page 6, line 36 - page 7, line 34 ---	1-3
A	US,A,3 024 379 (N.F. VERSTER) 6 March 1962 cited in the application see column 1, line 39 - line 54 see column 2, line 45 - line 49 see column 2, line 67 - line 72 see column 3, line 28 - line 32 see column 4, line 45 - line 57 see claims 1,4 --- -/--	1,2

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 December 1996

Date of mailing of the international search report

20. 12. 96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Capostagno, E

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/BE 96/00101

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR,A,2 139 671 (THOMSON CSF) 12 January 1973 see page 1, line 1 - line 34 see page 2, line 23 - line 28 see figure 1 ---	1,2
A	US,A,3 175 131 (BURLEIGH ET AL.) 23 March 1965 see column 4, line 3 - line 29 ---	1,2
A	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION - A: ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, vol. a256, no. 3, 15 May 1987, AMSTERDAM NL, pages 434-438, XP000573276 WOLBER ET AL.: "A kicker magnet for sweeping ion beams from a medical cyclotron" see abstract see page 436, paragraph 3.2 -----	6,7

Form PCT-ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No.

PL 1/BE 96/00101

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9310651	27-05-93	BE-A- 1005530	28-09-93
		CA-A- 2122583	23-05-93
		DE-D- 69209312	25-04-96
		DE-T- 69209312	22-08-96
		EP-A- 0613607	07-09-94
		JP-T- 7501171	02-02-95
		US-A- 5521469	28-05-96
US-A-3024379	06-03-62	CH-A- 380254	
		DE-B- 1128933	
		FR-A- 1246521	08-02-61
		GB-A- 933444	
		NL-C- 112025	
FR-A-2139671	12-01-73	NL-A- 235411	
		NONE	
US-A-3175131	23-03-65	NONE	

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

D Internationale No  
PC1/BE 96/00101A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 6 H05H7/10 H05H13/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 6 H05H

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO,A,93 10651 (ION BEAM APPLIC SA) 27 Mai 1993 cité dans la demande voir page 6, ligne 36 - page 7, ligne 34 ---	1-3
A	US,A,3 024 379 (N.F. VERSTER) 6 Mars 1962 cité dans la demande voir colonne 1, ligne 39 - ligne 54 voir colonne 2, ligne 45 - ligne 49 voir colonne 2, ligne 67 - ligne 72 voir colonne 3, ligne 28 - ligne 32 voir colonne 4, ligne 45 - ligne 57 voir revendications 1,4 ---	1,2

-/-

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents.☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*&amp;\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

16 Décembre 1996

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

20.12.96

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Europeen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Capostagno, E

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR,A,2 139 671 (THOMSON CSF) 12 Janvier 1973 voir page 1, ligne 1 - ligne 34 voir page 2, ligne 23 - ligne 28 voir figure 1 ---	1,2
A	US,A,3 175 131 (BURLEIGH ET AL.) 23 Mars 1965 voir colonne 4, ligne 3 - ligne 29 ---	1,2
A	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION - A: ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, vol. a256, no. 3, 15 Mai 1987, AMSTERDAM NL, pages 434-438, XP000573276 WOLBER ET AL.: "A kicker magnet for sweeping ion beams from a medical cyclotron" voir abrégé voir page 436, alinéa 3.2 -----	6,7

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De l'Organisation internationale No

PCT/BE 96/00101

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevets	Date de publication
WO-A-9310651	27-05-93	BE-A- 1005530	28-09-93
		CA-A- 2122583	23-05-93
		DE-D- 69209312	25-04-96
		DE-T- 69209312	22-08-96
		EP-A- 0613607	07-09-94
		JP-T- 7501171	02-02-95
		US-A- 5521469	28-05-96
-----			
US-A-3024379	06-03-62	CH-A- 380254	
		DE-B- 1128933	
		FR-A- 1246521	08-02-61
		GB-A- 933444	
		NL-C- 112025	
		NL-A- 235411	
-----			
FR-A-2139671	12-01-73	AUCUN	
-----			
US-A-3175131	23-03-65	AUCUN	
-----			

Formulaire PCT/ISA:210 (annexe familles de brevets) (juillet 1992)

Figure 1

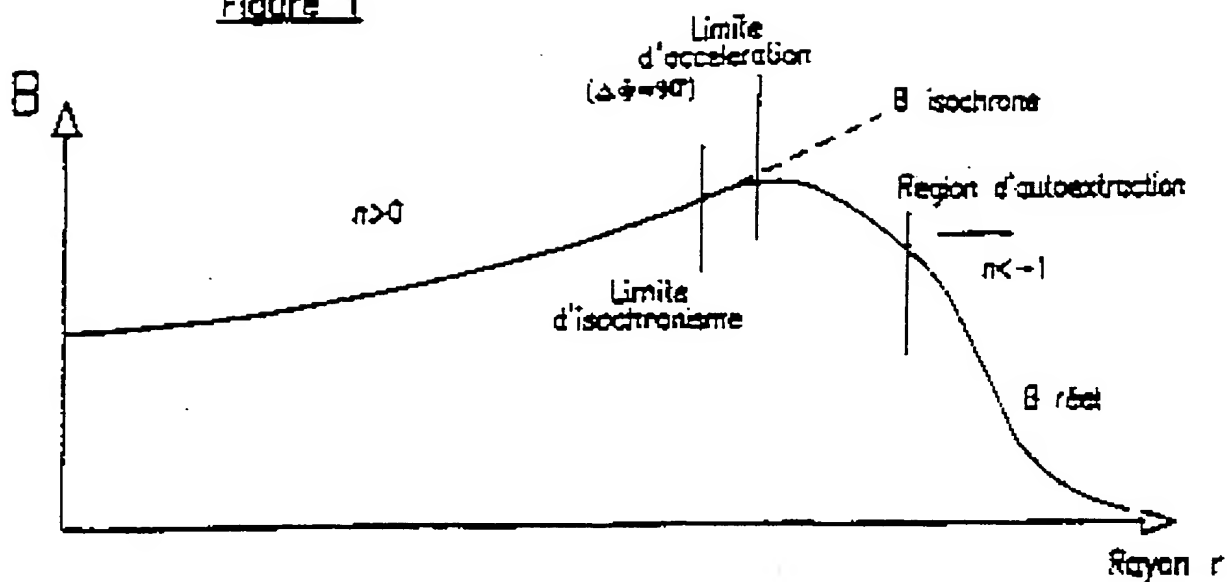


Figure 2

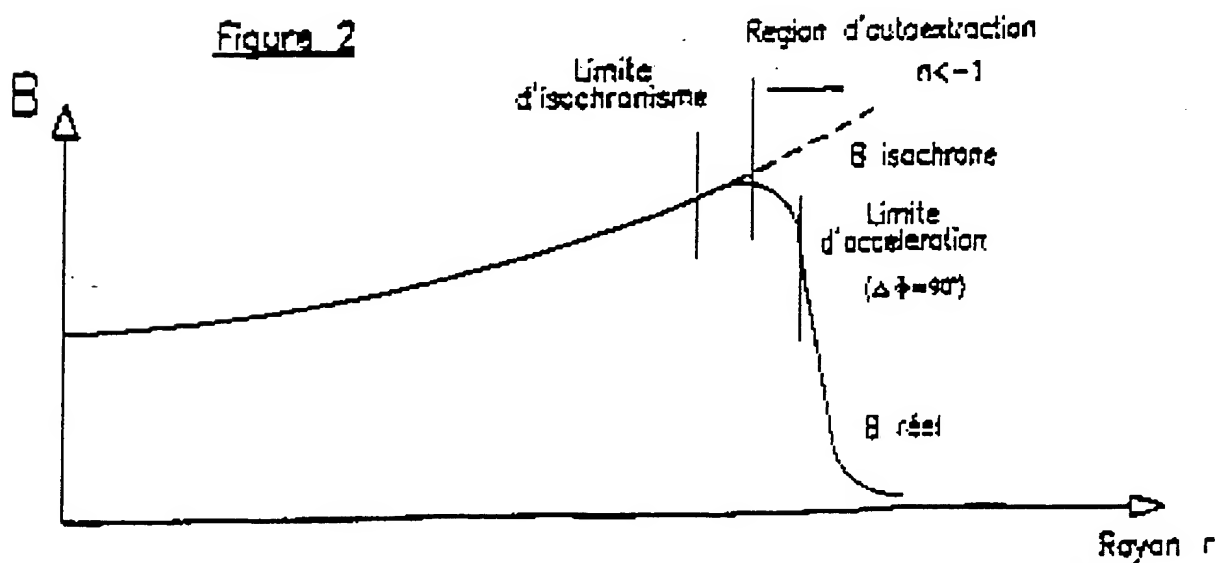
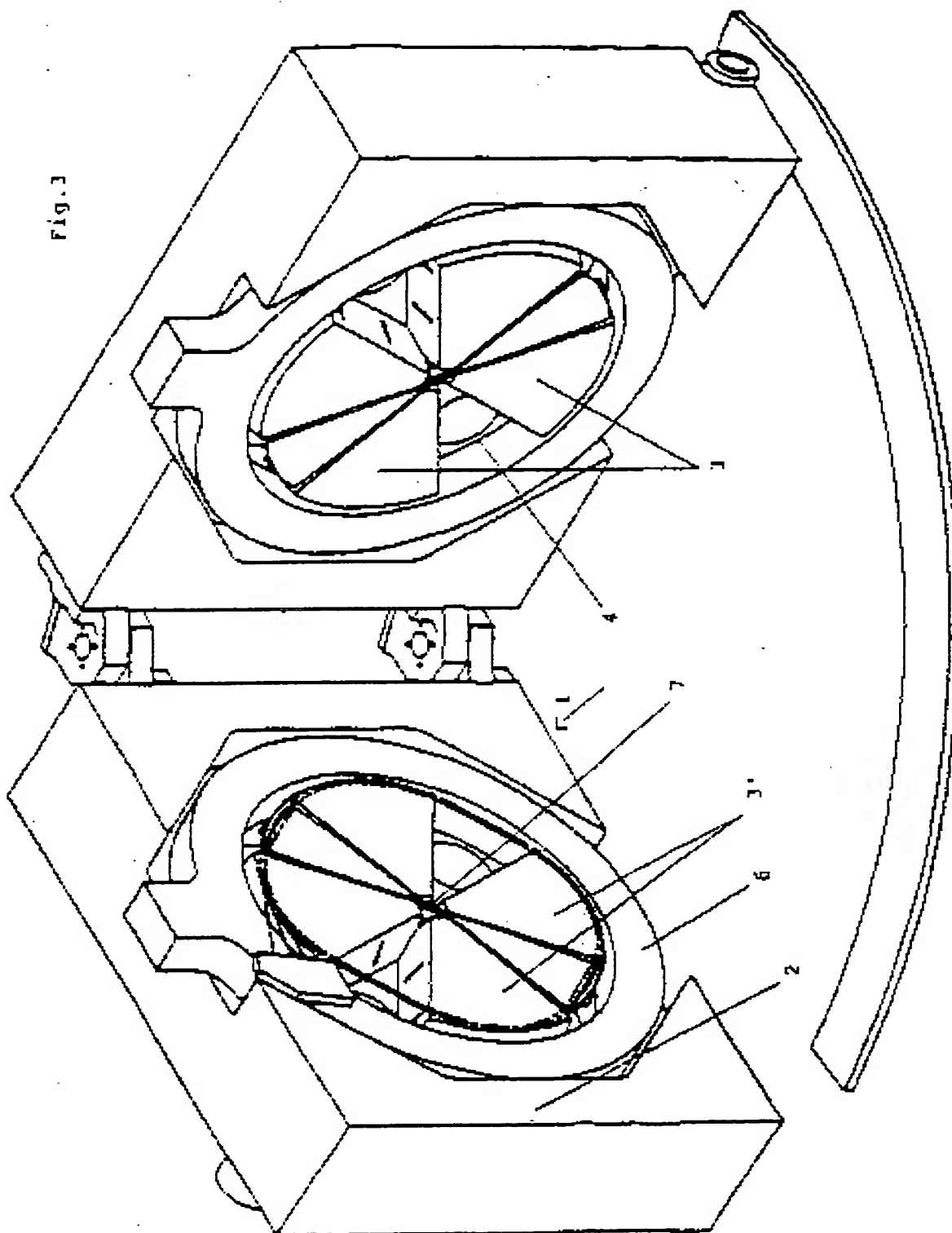
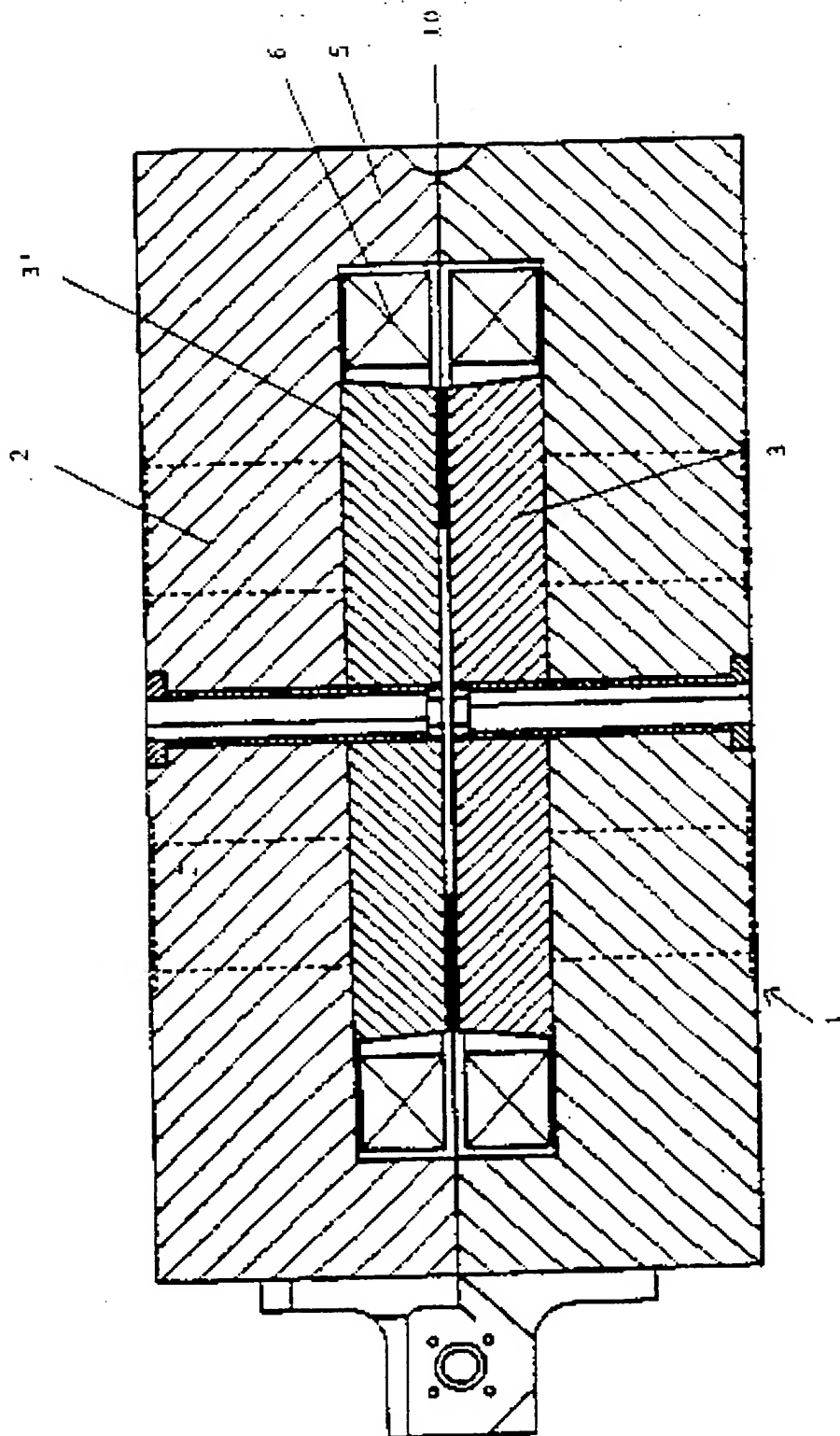




Fig. 3





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**